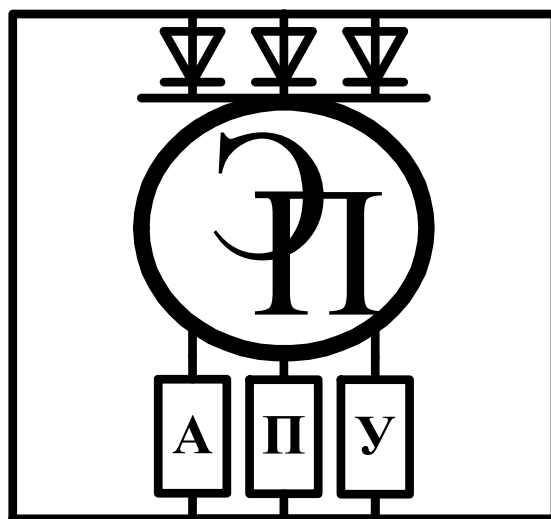


ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электропривод и АПУ»

# НАЛАДКА И ДИАГНОСТИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

*Методические рекомендации по лабораторной работе  
«Изучение релейно-контактных схем управления асинхрон-  
ным двигателем с фазным ротором и синхронным двигателем»*



Могилев 2018

УДК 621.3

Одобрены кафедрой «Электропривод и АПУ» 7 февраля 2018 г., протокол №7

Составитель: ст. преподаватель А.П. Корнеев.

Наладка и диагностика автоматизированного электропривода: методические указания к лабораторной работе – Изучение релейно-контактных схем управления асинхронным двигателем с фазным ротором и синхронным двигателем.— Могилев: Белорусско-Российский университет, 2018. — 11 с.

Методические указания предназначены для студентов электротехнического факультета и инженерного факультета заочного образования специальности 1–53.01.05 – Автоматизированные электроприводы.

Учебное издание

## **НАЛАДКА И ДИАГНОСТИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

Ответственный за выпуск доц. Леневский Г.С.



Цель лабораторной работы:

1. Настроить электронную токовую защиту.
2. Изучить схемы управления асинхронного двигателя с фазным ротором.
3. Изучить схемы управления синхронным двигателем.

## 1 Теоретические сведения

Для данной работы понадобится пульт программирования реле токовой защиты и инструкция по настройке реле токовой защиты РТЗЭ, поставляемые в комплекте со стендом.

Краткие теоретические сведения.

Синхронный двигатель Конструктивная схема машины. В зависимости от расположения якоря синхронные машины выполняют с неподвижным или вращающимся якорем. Машины большой и средней мощности (рисунок 1) выполняют с неподвижным якорем для удобства отвода электрической энергии от обмотки якоря или ее подвода к ней. Поскольку мощность возбуждения невелика, подвод постоянного тока к расположенной на роторе обмотке возбуждения с помощью двух колец не вызывает особых затруднений. В синхронных машинах с неподвижным якорем якорь 3 выполнен так же, как и статор асинхронной машины. На нем имеются пазы, в которых уложена трехфазная обмотка. Сердечник якоря запрессован в остов 2, для крепления машины на остове имеются лапы 6. Возможно также крепление с помощью фланца или другими способами. На валу ротора 4 установлен вентилятор 5, обеспечивающий охлаждение машины. Возбуждение синхронной машины осуществляется в данном случае от возбuditеля 1.

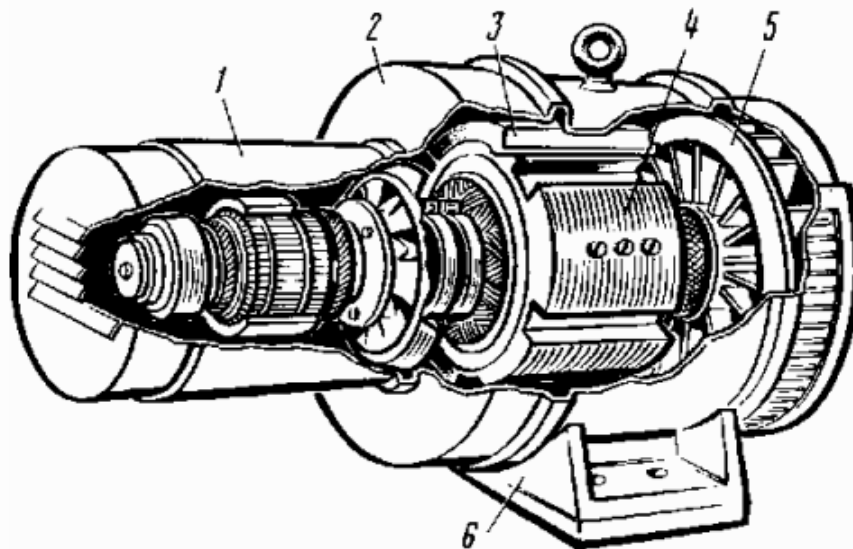


Рисунок 1- Общий вид синхронной машины с возбuditелем

Конструкция ротора. В машинах с неподвижным якорем применяют две различные конструкции ротора: явнополусную (рисунок явновыраженными полюсами) ротор обычно используют в машинах с четырьмя и большим числом полюсов. Обмотку возбуждения выполняют в этом случае в виде цилиндрических катушек 2 прямоугольного сечения, которые размещают на сердечниках 3 полюсов и укрепляют полюсными наконечниками 1. Ротор, сердечники полюсов и полюсные наконечники изготавливают из листовой стали. Двухполюсные и четырехполюсные машины большой мощности, работающие при частоте вращения ротора 1500 и 3000 об/мин, выполняют, как правило, с неявнополусным ротором. Применение в них явнополусного ротора невозможно, так как не обеспечивается необходимая механическая прочность крепления полюсов и обмотки возбуждения. Обмотка возбуждения 2 в такой машине размещается в пазах сердечника 5 ротора, изготовленного из массивной стальной поковки, и укрепляется в них немагнитными металлическими клиньями. Лобовые части обмотки, на которые воздействуют значительные центробежные силы, крепят стальными массивными бандажами. Примерно 1/3 каждого полюсного деления ротора не имеет пазов; эти части образуют так называемые «большие зубцы» 4, через которые входит и выходит поток возбуждения.

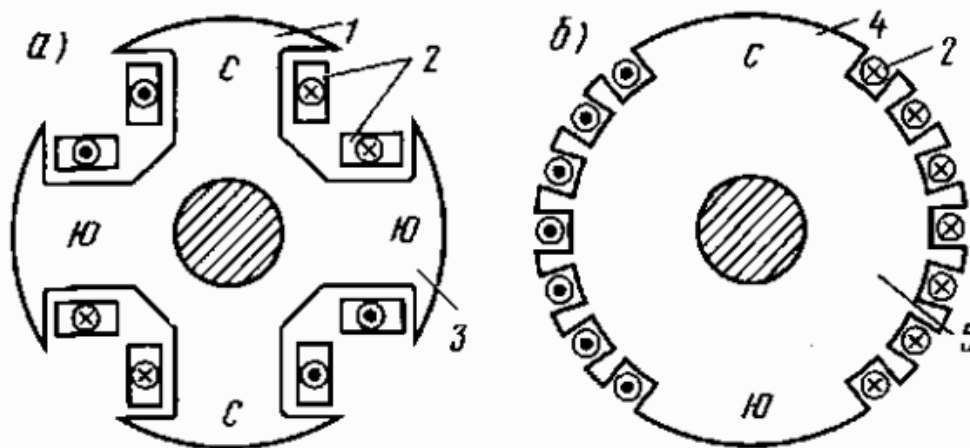


Рисунок 2 – Расположение обмотки возбуждения на роторе синхронной явнополусной (а) и неявнополусной (б) машины

По своему назначению синхронные машины подразделяют на турбогенераторы, гидрогенераторы, дизель-генераторы и синхронные двигатели. Назначение машины в значительной степени определяет и ее конструкцию. Турбогенераторы, приводимые во вращение быстроходными паровыми или газовыми турбинами, выполняют неявнополусными. Для получения стандартной частоты 50 Гц они должны иметь при двух полюсах частоту вращения 3000 об/мин, а при четырех полюсах—1500 об/мин. Гидрогенераторы приводятся во вращение тихоходными турбинами, частота вращения которых составляет несколько десятков или сотен оборотов в минуту, поэтому они выполняются с большим числом полюсов (16—96) и имеют явнополусные роторы. Дизель-генераторы, работающие от двигателей внутреннего сгорания, и синхронные двигатели небольшой и средней мощности выполняют обычно явнополусными, мощные же двигатели — неявнополусными.

**Принцип действия и устройство.** Синхронный двигатель может работать в качестве генератора и двигателя. Синхронный двигатель выполнен так же, как и синхронный генератор. Его обмотка якоря 1 (рисунке 3, а) подключена к источнику трехфазного переменного тока; в обмотку возбуждения 2 подается от постороннего источника постоянный ток. Благодаря взаимодействию вращающегося магнитного поля 4, созданного трехфазной обмоткой якоря, и поля, созданного обмоткой возбуждения, возникает электромагнитный момент  $M$  (рисунке. 3,б), приводящий ротор 3 во вращение. Однако в синхронном двигателе в отличие от асинхронного ротор будет разгоняться до частоты вращения  $n = n_1$ , с которой вращается магнитное поле (до синхронной частоты вращения).

Объясняется это тем, что ток в обмотку ротора подается от постороннего источника, а не индуцируется в нем магнитным полем статора и, следовательно, не зависит от частоты вращения вала двигателя. Характерной особенностью синхронного двигателя является постоянная частота вращения его ротора независимо от нагрузки.

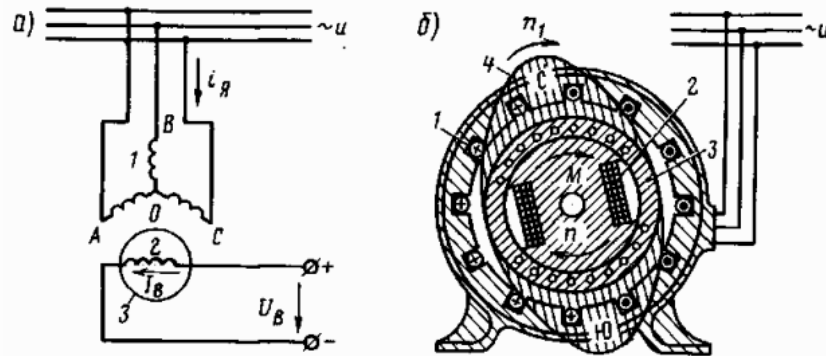


Рисунок 3 - Электрическая (а) и электромагнитная (б) схемы синхронного электродвигателя

**Схема пуска синхронного двигателя.** На схеме, приведенной на рисунке 5, подача возбуждения синхронному двигателю осуществляется с помощью электромагнитного реле постоянного тока КТ. Катушка реле включается на разрядное сопротивление  $R_{раз}$  через диод VD. При подключении обмотки статора к сети в обмотке возбуждения двигателя наводится ЭДС. По катушке реле КТ проходит выпрямленный ток, амплитуда и частота импульсов которого зависят от скольжения.

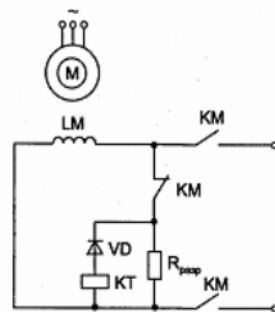


Рисунок 5 - Подача возбуждения синхронному двигателю в функции скорости

При пуске скольжение  $S = 1$ . По мере разгона двигателя оно уменьшается и интервалы между выпрямленными полуволнами тока возрастают; магнитный поток постепенно снижается по кривой  $\Phi(t)$ . При скорости, близкой к синхронной, магнитный поток реле успевает достигнуть значения потока отпадания реле  $\Phi_{от}$  в момент, когда через реле КТ ток не проходит. Реле теряет питание и своим контактом создает цепь питания контактора КМ. При скорости, близкой к синхронной, реле КА отпадает и замыкает свой контакт в цепи контактора

КМ2. Контакт КМ2 срабатывает, замыкает свой контакт в цепи возбуждения машины и шунтирует резистор  $R_{разр}$ .

Достоинства синхронных электродвигателей Синхронный двигатель несколько сложнее, чем асинхронный, но обладает рядом преимуществ, что позволяет применять его в ряде случаев вместо асинхронного. 1. Основным достоинством синхронного электродвигателя является возможность получения оптимального режима по реактивной энергии, который осуществляется путем автоматического регулирования тока возбуждения двигателя. Синхронный двигатель может работать, не потребляя и не отдавая реактивной энергии в сеть, при коэффициенте мощности ( $\cos \phi$ ) равным единице. Если для предприятия необходима выработка реактивной энергии, то синхронный электродвигатель, работающий с перевозбуждением, может отдавать ее в сеть. 2. Синхронные электродвигатели менее чувствительны к колебаниям напряжения сети, чем асинхронные электродвигатели. Их максимальный момент пропорционален напряжению сети, в то время как критический момент асинхронного электродвигателя пропорционален квадрату напряжения. 3. Синхронные электродвигатели имеют высокую перегрузочную способность. Кроме того, перегрузочная способность синхронного двигателя может быть автоматически увеличена за счет повышения тока возбуждения, например, при резком кратковременном повышении нагрузки на валу двигателя. 4. Скорость вращения синхронного двигателя остается неизменной при любой нагрузке на валу в пределах его перегрузочной способности.

## Асинхронный двигатель с фазным ротором

### Устройство асинхронных электродвигателей с фазным ротором

Основными частями любого асинхронного двигателя является неподвижная часть – статор и вращающаяся часть, называемая ротором.

Статор трехфазного асинхронного двигателя состоит из шихтованного магнитопровода, запрессованного в литую станину. На внутренней поверхности магнитопровода имеются пазы для укладки проводников обмотки. Эти проводники являются сторонами многовитковых мягких катушек, образующих три фазы обмотки статора. Геометрические оси катушек сдвинуты в пространстве друг относительно друга на 120 градусов.

Фазы обмотки можно соединить по схеме "звезда" или "треугольник" в зависимости от напряжения сети. Например, если в паспорте двигателя указаны напряжения 220/380 В, то при напряжении сети 380 В фазы соединяют "звездой". Если же напряжение сети 220 В, то обмотки соединяют в "треугольник". В обоих случаях фазное напряжение двигателя равно 220 В.

Ротор трехфазного асинхронного двигателя представляет собой цилиндр, набранный из штампованных листов электротехнической стали и насаженный на вал. В зависимости от типа обмотки роторы трехфазных асинхронных двигателей делятся на короткозамкнутые и фазные.



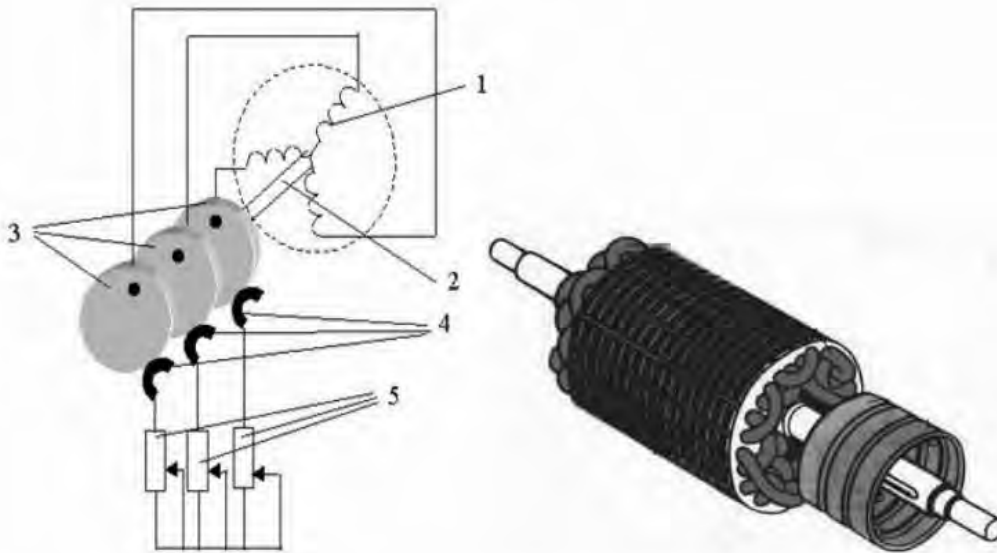


Рисунок 6 – Ротор асинхронного двигателя с фазным ротором

В асинхронных электродвигателях большей мощности и специальных машинах малой мощности для улучшения пусковых и регулировочных свойств применяются фазные роторы. В этих случаях на роторе укладывается трехфазная обмотка с геометрическими осями фазных катушек (1), сдвинутыми в пространстве друг относительно друга на 120 градусов.

Фазы обмотки соединяются звездой и концы их присоединяются к трем контактным кольцам (3), насаженным на вал (2) и электрически изолированным как от вала, так и друг от друга. С помощью щеток (4), находящихся в скользящем контакте с кольцами (3), имеется возможность включать в цепи фазных обмоток регулировочные реостаты (5).

Асинхронный двигатель с фазным ротором имеет лучшие пусковые и регулировочные свойства, однако ему присущи большие масса, размеры и стоимость, чем асинхронному двигателю с короткозамкнутым ротором.

Принцип работы асинхронной машины основан на использовании вращающегося магнитного поля. При подключении к сети трехфазной обмотки статора создается вращающееся магнитное поле, угловая скорость которого определяется частотой сети  $f$  и числом пар полюсов обмотки  $p$ , т. е.  $\omega_1 = 2\pi f/p$ .

Пересекая проводники обмотки статора и ротора, это поле индуцирует в обмотках ЭДС (согласно закону электромагнитной индукции). При замкнутой обмотке ротора ее ЭДС наводит в цепи ротора ток. В результате взаимодействия тока с результирующим магнитным полем создается электромагнитный момент. Если этот момент превышает момент сопротивления на валу двигателя, вал начинает вращаться и приводить в движение рабочий механизм. Обычно угловая скорость ротора  $\omega_2$  не равна угловой скорости магнитного поля  $\omega_1$ , называемой синхронной. Отсюда и название двигателя асинхронный, т. е. несинхронный.

Работа относительно разность угловых скоростей поля  $\omega_1$  и ротора  $\omega_2$ :  
 $s = (\omega_1 - \omega_2) / \omega_1$ .

Значение и знак скольжения, зависящие от угловой скорости ротора относительно магнитного поля, определяют режим работы асинхронной машины. Так, в режиме идеального холостого хода ротор и магнитное поле вращаются с одинаковой частотой в одном направлении, скольжение  $s=0$ , ротор неподвижен относительно вращающегося магнитного поля, ЭДС в его обмотке не индуцируется, ток ротора и электромагнитный момент машины равны нулю. При пуске ротор в первый момент времени неподвижен:  $\omega_2=0$ ,  $s=1$ . В общем случае скольжение в двигательном режиме изменяется от  $s=1$  при пуске до  $s=0$  в режиме идеального холостого хода.

При вращении ротора со скоростью  $\omega_2 > \omega_1$  в направлении вращения магнитного поля скольжение становится отрицательным. Машина переходит в генераторный режим и развивает тормозной момент.

При вращении ротора в направлении, противоположном направлению вращения магнитного поля ( $s > 1$ ), асинхронная машина переходит в режим противовключения и также развивает тормозной момент. Таким образом, в зависимости от скольжения различают двигательный ( $s=1 \div 0$ ), генераторный ( $s=0 \div -\infty$ ) режимы и режим противовключения ( $s=1 \div +\infty$ ). Режимы генераторный и противовключения используют для торможения асинхронных двигателей.

Рассмотрим пример схемы подключения асинхронного двигателя с фазным ротором и синхронного двигателя представленной на рисунке 7.

Для подключения двигателя к сети используется магнитный пускатель КМ1.

Для торможения двигателя используется магнитный пускатель КМ2.

Реле контроля скорости (РКС) обеспечивает отключение пускателя КМ2 от сети.

Магнитный пускатель КВ1 обеспечивает шунтирование пусковых реостатов.

#### *Включение асинхронного двигателя с фазным ротором и синхронного двигателя*

Нажимаем кнопку *SB1 «Пуск»*. Цепь питания обмотки магнитного пускателя *КМ1* замыкается, якорь катушки втягивается, замыкает силовые контакты *КМ1*, тем самым кнопка *SB1* становится на самопитание. Двигатель начинает вращаться. Включается катушка реле времени *КТ1* (нужно предварительно сделать временную уставку), своим контактом *КТ1* шунтируя пусковые реостаты (Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором). При скорости двигателя выше  $10 \text{ рад/с}^{-1}$  замыкаются контакт РКС (реле контроля скорости).

Подача возбуждения синхронному двигателю осуществляется с помощью электромагнитного реле постоянного тока *KR1*. Катушка реле включается на разрядное сопротивление  $R4$  через диод *VD1*. При подключении обмотки статора к сети в обмотке возбуждения двигателя наводится ЭДС. По катушке реле *KR1* проходит выпрямленный ток, амплитуда и частота импульсов которого зависят от скольжения.

При пуске скольжение  $S = 1$ . По мере разгона двигателя оно уменьшается и интервалы между выпрямленными полуволнами тока возрастают; магнитный поток постепенно снижается по кривой  $\Phi(t)$ .

При скорости, близкой к синхронной, магнитный поток реле успевает достигнуть значения потока отпадания реле  $\Phi_{от}$  в момент, когда через реле *KR1* ток не проходит. Реле теряет питание и своим контактом создает цепь питания контактора *KM3*. При скорости, близкой к синхронной, реле *KR1* отпадает и замыкает свой контакт в цепи контактора *KM3*.

#### *Останов двигателя.*

Для остановки двигателя, необходимо сначала нажать кнопку *SB2 «Стоп»*. Питание цепи управления размыкается. Пускатели *КМ1*, *КМ3* теряют питание, тем самым размыкая свои контакты. Размыкается контакт реле времени *КТ1*.

На катушку пускателя *КМ2* подается питание. Пускатель *КМ2* замыкает свои контакты, происходит торможение противовключением. При скорости ниже  $10 \text{ рад/с}^{-1}$  размыкается контакт реле контроля скорости, тем самым размыкая цепь пускателя *КМ2*. Двигатель останавливается.





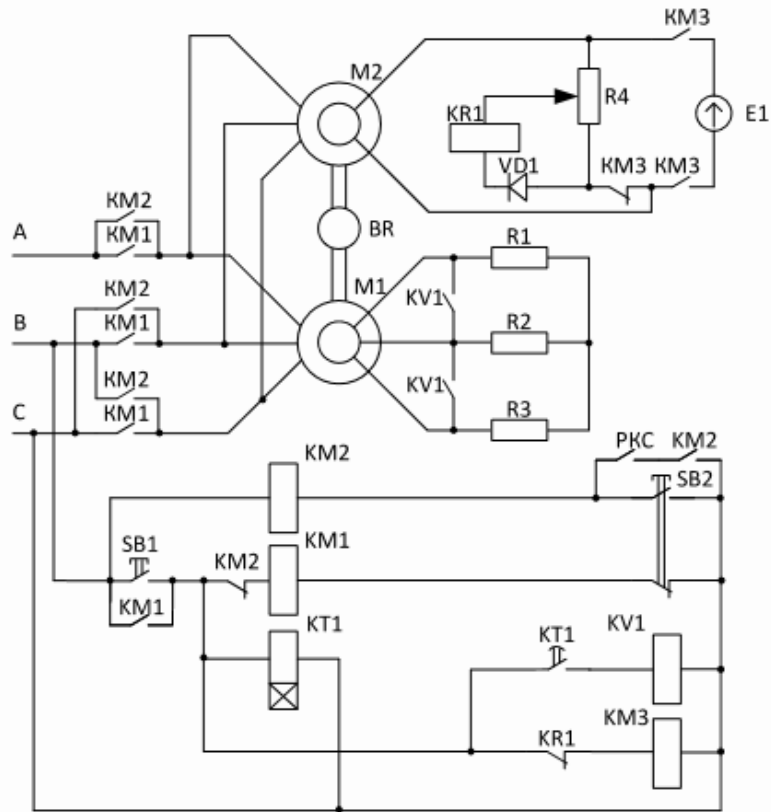


Рисунок 7 - Схема подключения асинхронного двигателя с фазным ротором и синхронного двигателя

### Электрические параметры двигателя АИР63А4/2

Мощность $P$ , кВт	0,19/0,265
Номинальный ток двигателя $I_n$ , А	0,79/0,88
Схемы соединения	$\Delta/Y_Y$
Номинальное напряжение двигателя $U$ , В	380
Номинальная частота вращения $n$ , об/мин	1448/2880
КПД двигателя, $\eta$ , %	55/61
Коэффициент мощности, $\cos\varphi$	0,66/0,75
Кратность пускового тока к номинальному	3,5/4,0
Кратность пускового момента к номинальному	1,6/1,2
Кратность максимального момента к номинальному	1,8/1,8
Кратность минимального момента к номинальному	1,0/0,8
Масса, кг	5,1

## 2 Порядок выполнения работы

1. Перед включением стенда убедитесь, что все переключатели находятся в начальном положении (выключены).

2. Установить сменную панель НТЦ-01.Б/07.105 «Релейно-контактные схемы управления асинхронным двигателем с фазным ротором и синхронным двигателем» на лицевой панели стенда.

3. Собрать схему, представленную на рисунке 8.

4. Включите стенд автоматическим выключателем QF1 вверх в блоке БВ-02 и нажатием кнопки S1. Убедитесь, что кнопка S2 отжата.

5. Включите питание низковольтных цепей схемы тумблером SA1 вверх в блоке БП-01. Подайте питание двигателя тумблером SA1 вверх в блоке БП-04.

6. С помощью пульта программирования установите все необходимые параметры в реле токовой защиты РТЗЭ (КК1).

7. Подключите двигатель к сети кнопкой SB1 в блоке БР-01. Убедитесь, что двигатель -1 вращается со скоростью около 157 рад/с .

8. Выключите привод кнопкой SB2 в блоке БР-01. Убедитесь, что схема корректно обрабатывает режим включения и отключения питания двигателя.

9. Выключите стенд в следующем порядке:

отключите питание двигателя тумблером SA1 вниз в блоке БП-04;

выключите питание низковольтных цепей схемы тумблером SA1 вниз в блоке БП-01;

выключите стенд кнопкой S2 и автоматическим выключателем QF1 вниз в блоке БВ-02;

уберите все переключки на стенде;

уберите сменную панель.

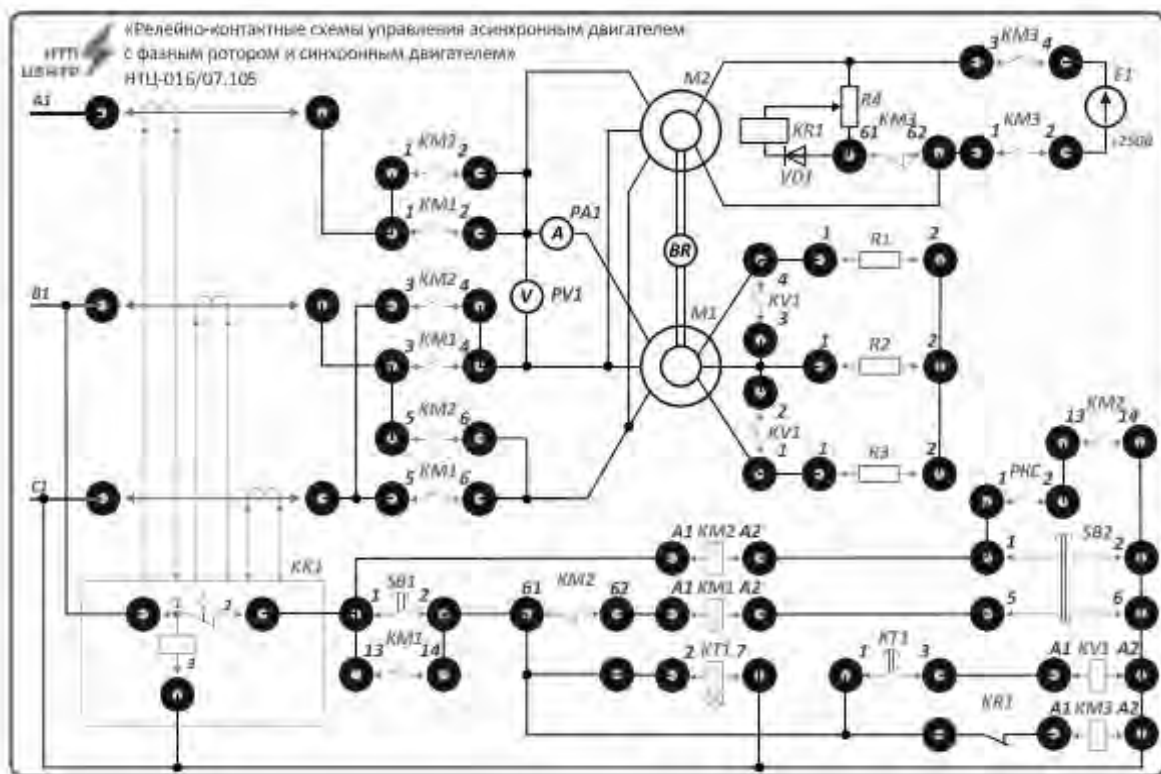


Рисунок 8 – Сменная панель НТЦ-01.Б/07.105 «Релейно-контактные схемы управления асинхронным двигателем с фазным ротором и синхронным двигателем»

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Описание схемы электрической принципиальной.
3. Подготовка прибора к работе.
4. Результаты измерений;
5. Ответы на контрольные вопросы.

### 4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы основные достоинства синхронных двигателей?
2. От чего зависит скорость асинхронного двигателя?
3. Каковы преимущества асинхронных двигателей с фазным ротором?
4. Каково предназначение пускателя KV1 в данной схеме?